

年代际气候变化研究进展

宋巧云 魏凤英

(中国气象科学研究院,北京 100081)

摘要 概述了全球尺度、我国大范围区域及长江中下游梅雨的年代际气候变化的一些研究进展,重点介绍了近期我国气象工作者有关这方面研究的一些成果。指出:①全球尺度的大气、海洋及气温变化不仅存在明显的年际变化,而且年代际变化也十分显著;②受全球气候年代际变化的影响,中国气候也存在多时间尺度的变化特征,但气候的年代际变化特征与全球气候年代际变化有不同之处;③长江中下游梅雨气候变异不仅与海-气相互作用密切相关,而且海洋的年代际变化也是梅雨异常变化的重要气候背景;④年代际尺度变化在全球变暖改变区域气候特征的过程中的贡献、年代际气候变化的形成及作用机制,特别是长江中下游梅雨的年代际变化的成因和机制都是仍需继续加强研究的问题。

关键词 年代际变化 全球尺度 气候变化 梅雨

随着全球气候变暖,年代际气候变化的研究成为目前气候研究的热点问题,特别是 20 世纪 90 年代中期这类研究成为国际气候变化及其可预报性研究(CLIVAR)计划中的重要研究内容之一^[1]。

气候的年际(inter-annual)变化通常指气象要素月或年的平均值在不同年份间的变化,人们关注的是异常变化,例如异常干旱与洪涝、高热与冷害等。另外,研究较多的是准周期振荡,例如 QBO(准两年振荡)、ENSO 循环等。而年代际(inter-decadal)变化所指的时间尺度目前没有明确的定义,在 CLIVAR 计划中年代际气候变化研究的是 10 年至 100 年尺度的气候变化。年代际变化是年际变化的重要背景,对年际尺度的气候变化现象(如 ENSO)产生重要的调制和影响,是一个非常重要的时间尺度。同样,年际变化扰动也会影响到气候年代际的变化。

近年来,大量工作运用诊断、模拟及成因分析等手段研究了气候系统各成员的年代际变化特征及其之间的相互作用以及对全球气候变化的影响等,并取得了众多研究成果。本文旨在对有关全球、我国及长江流域的年代际气候变化的一些研究进展进行概述,重点介绍我国气象工作者的研究成果,期望能

对年代际气候变化有更清楚地了解和认识。

1 全球尺度年代际气候变化

1.1 气温

20 世纪 80 年代以来,全球气温出现了最明显的上升趋势,全球性气候变暖成为研究的热点问题,有关气温年代际的研究有着非常丰硕的结果。全球和半球的气温都存在年代际变化,IPCC 1990、1995 年^[2,3]的两次科学评估报告公布了半球及全球温度序列,指出 19 世纪末以来全球地面温度升高 0.3~0.6℃;Jones 等用相对较短的记录发现了 15~25 年的近似周期^[4,5],后来又用时间较长的代用资料以及最长的器测气温资料证明了这种年代际周期变化^[6,7]。Mann 等^[8]分析了用代用资料重建的近 500 年温度序列发现也存在 15~35 年及 50~150 年的低频变化信号,Lau 等^[9]用小波分析研究了全球温度序列中存在的 60 年以及 180 年的世纪尺度变化信号。严中伟^[10]利用 1897~1996 年覆盖率较高的全球温度场资料,通过 Mann-Kendall 检验探讨了近百年全球温度年代际的分布特征,分析了在全球平均变温过程中有突出表现的多年尺度振荡信号,结果表明:在近 100

国家自然科学基金项目(4275020)资助

作者简介:宋巧云,女,1980 年生,硕士研究生,主要从事气候诊断分析和预测研究

收稿日期:2004 年 9 月 1 日;定稿日期:2004 年 10 月 19 日

年来全球大部分地区出现 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 增温的同时,北大西洋北部、北美和中国内陆出现了不显著但较大范围的降温,而西北太平洋出现大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强烈增温。此外,还发现在全球热状况变化中有重要地位的振荡尺度包括:准 2 年、4~5 年、22 年以及 50 年的振荡现象。魏凤英等研究了 1861 年以来的全球及北半球气温的变化特征^[11],发现全球和北半球曾在 19 世纪末和 20 世纪 20 年代发生了突变,并具有 32 年、21 年和 64 年的周期变化。

1.2 海洋

海洋面积占整个地球表面的 71%,其热容量比大气大 1200 倍,因此大面积海洋热含量的微小变化就能通过某种方式改变大气的热量和水汽输送,产生异常的大气环流和天气^[12]。所以,研究海洋及海-气相互作用的年代际变化对更进一步了解气候变化从而提高气候预测的准确性有着重要意义。

研究表明,全球海表面温度(SST)具有年代际变化特征^[13,14],海洋年代际变化最显著区域位于低纬度热带地区,但其起源可能来自中纬度海洋,并通过海洋桥和大气桥的作用与热带相连。20 世纪 70 年代后期及之后,全球热带海洋基本为暖异常。

太平洋地区作为全球最大的大洋区,其年代际变化对研究全球气候变化有着举足轻重的作用。对全球海温资料进行子波分析发现^[15],年平均海温的长期变化有其自然的起伏过程,1884~1905 年、1950~1998 年呈暖气候态,1906~1930 年呈冷气候态,1930~1941 年为次暖态,1942~1950 年呈次冷态;10 年以上年代际周期背景场的改变是导致 20 世纪下半叶以来年平均海温持续上升的可能原因之一;从年代际周期变率来看,东、中太平洋比较相似,能量的转换存在于各周期之间,而西太平洋和东、中太平洋有显著区别。Quinn^[16]最早发现了 70 年代中后期北太平洋海-气系统又一次出现的显著年代际变化。魏凤英定义了一套能够很好反映北太平洋海温年际变化的指数^[17],并对其变化特征进行了分析,结果表明,在 70 年代末 80 年代初,北太平洋海温发生过一次显著的突变。对于北太平洋气候突变,Graham 的大量研究表明^[18]:以 1976~1977 年冬为界,在此之后阿留申低压加深,北太平洋中部 SST 下降。Graham 还成功地模拟了这次大气环流变化,他认为热带 SST 异常可能是这次中纬度大气环流变化的原因。为证实该论点,Graham 等^[19]在

不同纬度区域用不同的 SST 做强迫分别进行试验,结果表明,北太平洋特别在东部主要对热带 SST 反应最敏感。尽管对热带 SST 的作用还有争议,无论如何,在给定 SST 观测值时能强迫大气模式产生年代际变化,这是一个重要成果。Miller 等成功地用大气参数强迫 OGCM 模拟了这段时期北太平洋的 SST 变化^[20],并且模拟出中太平洋先暖后冷的变化,表明如果大气参数有明显的年代际变化,则 SST 也受其影响而发生年代际变化,但这只是说明气候系统内部一个成员对另一个成员的响应,并不能解释年代际气候变率形成的原因与机制。

赤道东太平洋海温异常信号是全球海温变化中最强的。最近,人们发现赤道东太平洋海温变化中不但存在年际变化的信号,而且还存在年代际变化的信号^[21]。钱维宏等分析了赤道东太平洋海温异常中所包含的主要信息^[22],在年代际时间尺度上,海温异常变化最强的信号仍发生在太平洋,在低纬中东太平洋上存在 3 个年代际变化的增温中心,1977 年前后低纬中东太平洋海温年代际增温达到 $0.4\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,其增温量值已达到通常意义下 ENSO 事件指标。Wang^[21]对比了 20 世纪 80 年代后与 70 年代以前出现的 ENSO 事件,指出年代际背景场的变化对 ENSO 循环产生很大的影响。Deser^[23]、Zhang 等^[24]的研究进一步表明这种年代际与年际变化之间是非线性关系。张勤等也发现热带太平洋的平均气候态在 70 年代后期发生了一次由冷态向暖态的变化,主要增暖区是赤道以及热带东太平洋,海表温度变化最大中心可以达到 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,并用耦合模式研究了平均气候态的变化对 ENSO 循环的影响^[25]。朱亚芬分析了赤道中东太平洋以及全球海温结构发现^[26],赤道中东太平洋海温异常存在着多时间尺度的变化,较明显的时间尺度是准 2 年、准 5 年和年代际变化。年代际海温异常存在着全球的变化结构,1950 年以来异常转换时间发生在 1977 年前后,1977 年前(后)赤道中东太平洋海温偏低(偏高),而西北太平洋的海温明显偏高(偏低)。

对于印度洋海域年代际变化的研究较少,王东晓等根据热带印度洋长时间序列观测资料^[27],分析了热带印度洋存在的年代际尺度海洋变率,初步探讨、证明了一种针对热带印度洋年代际海洋变率的动力学解释及可能机制:热带印度洋强年际尺度海洋异常事件或频繁的海洋异常事件,经过热带海洋记忆过程

的过滤,沉淀成缓变的热带印度洋年代际变化。

1.3 大气环流

大气是气候系统中反映最快的元素,其环流或运动系统是最活跃的。它的运动在时间和空间上都很大^[28]。大气环流10年变化的一个显著例子是:全球平均气温在1950~1959年和1980~1989年两个10年段都是暖期,但从地表气温异常的地理分布上来说,两个时段中却非常不同,这说明大气环流显著改变了。有人描写了南半球大气环流年代际变化的两个主导模,这两个模态的指数表明,两模态在过去90年中表现出了明显的10年际变化。

早在60年代,王绍武就用地面气压资料分析讨论了大气环流的长期振荡问题,其结果表明,气压的变化明显地存在着年代际特征^[29,30]。国外,Na mias^[31]在50~60年代也发现北太平洋上的大气环流存在年代际变化。很早前人们就发现大气环流中存在着南方涛动(SO)、北大西洋涛动(NAO)、北太平洋涛动(NPO)。SO表明东太平洋和印度洋的气压变化有东西向跷跷板式的振荡特征,而NAO、NPO则表明大气中的半永久活动中心、冰岛低压、亚速尔高压以及阿留申低压和太平洋高压之间的南北向跷跷板式的变化。穆明权等用不同资料分析了上述涛动现象^[32],发现3~5年是南方涛动的一个明显的振荡周期,但它也存在着10~20年的周期振荡,对于NAO、NPO分析其涛动指数随时间的变化及小波分析,结果发现无论是NAO还是NPO其指数变化都存在着10多年的准周期,同时还发现NAO、NPO都还存在着准30~35年的周期变化特征。对于10~20年的周期特征,NAO、NPO有着几乎同位相的特征表明,北太平洋和北大西洋气压同位相南北间跷跷板式振荡是大气环流10~20年准周期变化的重要特征,而对于30多年的振荡周期却呈反位相变化。除此之外,东亚大槽、北美大槽、西太平洋副高和南亚季风系统几个北半球大气环流最重要成员都有10~20年的准周期变化以及30年的周期变化特征。

近年来,越来越多的研究开始关注气候系统年代际变率的内部因子^[33],不少观测和模拟结果显示,气候系统中存在的年代际低频变化可能源自海-气系统中不同时空尺度物理过程的相互作用,它们是海-气系统自振荡的反映^[34~36],并且提出了不少可能导致海-气系统年代际变率的动力学机制。

2 我国年代际气候变化

受全球气候年代际变化的影响,中国气候也存在多时间尺度的变化特征,但中国地处东亚季风区,受季风的影响,气候的年代际变化与全球气候年代际变化有不同之处。

2.1 气温与降水

周连童等^[37]用近50年降水和气温的资料分析了我国夏季气候的年代际变化特征并阐述了可能成因,指出我国气候在1976年前后发生了一次明显的跃变。华北及西北地区年代际气候变化是:从1977年起气温均上升,但华北地区降水减少导致严重干旱,而西北地区则降水增多,除此以外,长江流域夏季降水也明显增加。中国气温变化也存在着年代际变化特征。王琼利用NCEP/NCAR资料对中国及周边地区的气温场作了分析^[38],发现各季节、各高度上的气温10年滑动平均距平场均有明显的年代际变化。对于我国近年来气温变化的差异及增暖进程的研究指出^[39],我国气候增暖始于20世纪80年代后期,90年代增暖加速;急剧增暖的主要原因是长江流域以南地区经历了由偏冷向偏暖的趋势转变,这种转变是以年代际振荡的形式来完成的^[40]。

由于我国处于东亚季风区,降水的气候振荡要比气温的振荡复杂得多。为了研究我国及各地区夏季降水异常的年代际分布,黄荣辉等利用1951~1994年全国336个测站夏季(6~8月)降水资料分析了我国夏季降水的年代际变化^[41],结果表明:我国夏季降水在1965年前后发生了一次气候跃变,华北地区从1965年后夏季降水明显减少;而80年代与70年代的气候有较大差别,表现在长江、淮河流域从70年代末起降水增多,涝灾明显增多,华南地区80年代的降水则明显比70年代少。魏凤英等细致地分析了我国夏季降水的变化特征^[42],结果证明,20世纪60年代中期以前我国夏季降水处于相对偏多时期,60年代至90年代初降水处于偏少时期,1993年以后又显露出偏多的趋势。

2.2 影响我国气候年代际变化的成因

中国气候的年际、年代际变化是全球气候变化与中国区域气候耦合的结果,同时也是全球气候变化特征的体现。有不少学者从不同方面来研究中国年际、年代际气候变化产生的可能机制。朱益民等利用1951~1998年的太平洋年代际振荡(PDO)指

数,全球海洋和大气分析资料及中国降水和气温站点观测资料,分析了太平洋年代际振荡与东亚大气环流和中国气候变化的联系^[43]。结果表明, PDO 与东亚大气环流及中国气候年代际变化关系密切,处于不同阶段的 ENSO 事件对中国夏季气候异常的影响明显受到 PDO 的调制。徐建军等也发现受厄尔尼诺事件影响的中国东部降水异常与海温的年代际背景场有关^[44], ENSO 异常对亚洲季风的影响不能一概而论,亚洲季风不仅在 ENSO 不同阶段上存在不同作用,而且在不同的海温年代际背景场也存在不同的作用。近 50 年来,以 1976 年为界,之前东亚夏季风较强^[45],之后均为弱夏季风年,研究东亚夏季风指数与中国夏季降水量及平均气温的关系,发现夏季风强时中国东部华北多雨,长江少雨,且长江到淮河流域气温高,但在中国西部夏季风强时南部多雨,北部少雨,气温为北高南低,夏季风弱时情况相反,同时指出夏季风的年代际变化还影响到夏季风与中国气候的年际变化关系。

3 长江中下游梅雨年代际变化

长江中下游梅雨是我国重要的天气气候现象。梅雨的强弱、梅雨期的长短及梅雨量的多寡等特征不仅反映了亚洲上空大气环流季节变化与环流调整的各种演变过程,而且直接与江淮地区旱涝的形成与持续有关。因此,梅雨气候的异常变化是气候研究的重要课题。对于长江中下游梅雨的年代际变化特征已有不少研究成果。章淹指出,20 世纪 50 年代以后江淮梅雨经历了集中降水期缩短、降水量减少等重大转变^[46]。杨义文等利用非整数波计算方法^[47],对梅雨各参数的周期长度进行了普查,认为普遍存在 2~3、6、8~9、22~23、35~38、72 年和 116 年等周期变化。魏凤英等^[48,49]认为,近百年梅雨强度就大尺度而言以 1941 年为界分成强、弱两种状态,但在不同尺度上还存在多个突变点,梅雨强度年代际振荡在 20 世纪 50 年代以后有所加强。

对于长江中下游梅雨异常的机制研究已经做了许多工作。毛天松强调了北太平洋海温的作用^[50],北太平洋海温异常通过热成风作用,使西太平洋东西风带强度和副高位置发生异常,造成长江中下游夏季风的异常。何立富^[51]分析了在 20 世纪 70 年代中期前后长江中下游地区夏季降水的显著变化及其可能原因,指出:①长江中下游地区夏季降水有

明显的年代际特征,它与西太平洋副高的关系也具有显著的年代际变化;前期冬季和春季的中东太平洋海温异常通过海洋过程影响夏季近海海温,近海海温又强迫西太平洋副高,从而造成长江中下游地区夏季降水异常。②东亚夏季风与热带中东太平洋海温之间的关系也存在明显的年代际变化,1976 年前东亚夏季风与中东太平洋海温关系不明显,1976 年之后两者关系密切,中东太平洋的海温异常通过该大气过程影响东亚夏季风变异,从而造成长江中下游地区夏季降水异常。徐海明等研究了江淮入梅的年际变化与前期冬季环流和前期冬、春全球海温的关系^[52],研究结果表明,江淮入梅的早晚与前期冬季北半球大型环流存在显著的相关:入梅早的年份,其前期冬季北大西洋涛动强,海温较常年偏暖,北半球只有一个强的极涡位于格陵兰上空,东亚大槽弱;入梅晚的年份,北大西洋海温较常年偏冷,前期冬季环流表现为北大西洋涛动弱,北半球存在两个极涡,分别位于格陵兰和西伯利亚上空,东亚大槽较常年强。胡波等^[53]用近 40 年浙江省梅雨降水时间序列分析了浙江省梅雨年际、年代际的变化,结果表明,梅雨总量具有较稳定的年代际振荡,其周期分别为 22~23 年和 11~12 年,梅雨持续天数的周期振荡有较强的规律性。有人也研究同时受亚欧及热带大型环流影响的梅雨量与台风数之间的联系^[54],发现两者之间为反相关。周丽等人^[55]最近用 Butterworth 带通滤波将 1885 年以来长江中下游梅雨量和全球海温进行不同时间尺度的周期带滤波,并分析了其相互间的关系,发现两者的相关要比滤波前显著,特别是年代际振荡的相关十分显著,说明特定周期带的海温年际和年代际振荡对长江中下游梅雨有较明显的影响。魏凤英利用 3 次样条函数拟合分离了 1885~2000 年长江中下游梅雨特征量和全球海温场年代际尺度变化^[56],并研究了两者之间的关系,结果表明,梅雨年代际变化与海洋年代际背景状态关系密切,这提示我们:大气的年代际变化的反馈机制主要包含在海洋中,在讨论海温异常变化对梅雨气候变异的作用和制作梅雨短期气候预测时,应该注意海温年代际背景的变化。

4 尚待解决的问题

以上分别从全球尺度、我国大范围区域及长江中下游梅雨等方面概述了近年来有关年代际气候变

化的研究进展。这些研究取得了许多有意义的结果,但目前仍然有许多问题需要进一步思考和解决。

(1) 全球变暖是自然界本身低频振荡的表现,还是温室效应起了主要作用或是其它因素的作用?全球变暖正在改变着某些区域的气候特征,那么其中年代际尺度的变化占有多大的贡献,诸如此类问题目前仍存在争议;另外如何识别和提取年代际变化的强信号,也是需要解决的问题。

(2) 有关年代际气候变化的形成及作用机制还没有统一的认识,有必要从海-气相互作用、太阳活动、地球自转速率和大气本身动力学结构等多方面进行深入的探讨。

(3) 中国区域内气候年际、年代际变化不仅受全球气候变化的影响,而且受东亚季风的影响,因此和全球气候变化有不同之处,特别是长江中下游梅雨的年代际变化的成因和机制还没有明确的结论,需要从不同角度,使用不同手段进行分析和研究。

参考文献

- [1] WCRP. CLI VAR—A Study on Climate Variability and Predictability Science Plan[R], WCRP No. 89, WMO/TD No. 690. Geneva: World Climate Research Programme, 1995. 57 - 60.
- [2] Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J, et al. IPCC 1990: Climate Change, the IPCC Scientific Assessment[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 365.
- [3] Houghton J T, Meira Filho L G, Callander B A, et al. IPCC 1995: the Science of Climate Change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 572.
- [4] Jones P D, Raper S C B, Bradley R S, et al. Northern Hemisphere surface air temperature variations 1851 - 1984[J]. J. Climate Appl. Meteor., 1986, 25: 16 - 179.
- [5] Jones P D, Wigley T M L, Wright P B. Global temperature variations between 1861 and 1984[J]. Nature, 1986, 322: 430 - 434.
- [6] Quinn T M, Crowley T J, Taylor F W. New stable isotope result from a 173-years coral from Espiritu Santo Vanuatu[J]. Geophys. Res. Lett., 1996, 23: 3413 - 3416.
- [7] Plaut G, Ghil M, Vautard R. Inter-annual and inter-decadal variability in 335 years of central England temperatures[J]. Science, 1995, 268: 710 - 713.
- [8] Mann M E, Park J, Bradley R. Global interdecadal and century-scale oscillations during the past five centuries[J]. Nature, 1995, 378: 266 - 270.
- [9] Lau K M, Weng H Y. Climate signal detection using wavelet transform: How to make a time series sing[J]. Bull. Amer. Meteor. Soci., 1995, 76: 2391 - 2402.
- [10] 严中伟. 近100年全球温度场中的年代际振荡[J]. 气候与环境研究, 1998, 3(3): 201 - 208.
- [11] 魏凤英, 曹鸿兴. 中国、北半球和全球的气温突变分析及其趋势预测研究[J]. 大气科学, 1995, 19(2): 140 - 148.
- [12] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 1991. 753 - 755.
- [13] Lau K M, Weng H. Interannual, decadal, interdecadal and global warming signal in sea surface temperature during 1955 - 1997[J]. J. Climate, 1999, 12: 1257 - 1267.
- [14] 郭燕娟, 杨修群. 全球海气系统年际和年代际变化的时空特征分析[J]. 气象科学, 2002, 22(2): 121 - 132.
- [15] 史历, 倪允琪. 近百年来热带太平洋海温年际及年代际时间变率特征的诊断研究[J]. 气象学报, 2001, 59(2): 220 - 225.
- [16] Quinn W H, Neal V T. Recent climate change and the 1982 - 1983 El Nino[C]. Proc Eighth Annual Climate Diagnostic Workshop, Downsview, 1984. 148 - 154.
- [17] 魏凤英. 北太平洋海温分布型指数的年际变化及预测[J]. 气象学报, 2001, 59(6): 768 - 775.
- [18] Graham N E. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: observations and model results[J]. Climate Dynamics, 1994, 9: 135 - 162.
- [19] Graham N E, Barnett T P, Wilde R. On the roles of tropical and mid-latitude SSTs in tropical forcing interannual to interdecadal variability in the winter Northern Hemisphere circulation[J]. J. Climate, 1994, 7: 1416 - 1441.
- [20] Miller A J, Cayan D R, Barnett T P, et al. Inter-decadal variability of the Pacific Ocean: model response to observed heat flux and wind stress anomalies[J]. Climate Dynamics, 1994, 9: 287 - 302.
- [21] Wang B. Inter-decadal changes in El Nino onset in the last four decades[J]. J. Climate, 1995, 8: 267 - 285.
- [22] 钱维宏, 朱亚芬. 赤道东太平洋海温异常的年际和年代际变率[J]. 科学通报, 1998, 43(10): 1098 - 1102.
- [23] Deser C, Blackmon M L. On the relationship between tropical and north pacific sea surface temperature variations[J]. J. Climate, 1995, 8: 1677 - 1680.
- [24] Zhang Y, Wallace J M, Battisti D S. ENSO-like interdecadal variability 1900 - 1993[J]. J. Climate, 1997, 10(5): 1004 - 1020.
- [25] 张勤, 丁一汇. 热带太平洋年代际平均气候态变化与 ENSO 循环[J]. 气象学报, 2001, 59(2): 157 - 172.
- [26] 朱亚芬, 钱维宏. 全球海温异常的年代际变化[J]. 海洋预报, 1998, 15(4): 1 - 7.
- [27] 王东晓, 吴国雄, 徐建军. 热带印度洋年代际海洋变率及其动力学解释[J]. 科学通报, 1999, 44(11): 1226 - 1232.
- [28] 咸鹏, 李崇银. 国际上年代际到世纪时间尺度气候变化的研究. 气候与环境研究[J], 2001, 6(3): 337 - 353.
- [29] 王绍武. 近90年大气环流的振动(第一部分)[J]. 气象学报, 1964, 34: 486 - 506.
- [30] 王绍武. 近90年大气环流的振动(第二部分)[J]. 气象学报, 1965, 35: 200 - 213.

- [31] Namias J. Seasonal interaction between the North Pacific Ocean and atmosphere during the 1960s[J]. *Mon. Wea. Rev.*, 1969, 97:173 - 192.
- [32] 穆明权,李崇银. 大气环流的年代际变化 - 观测资料的分析[J]. *气候与环境研究*, 2000, 5(3): 233 - 241.
- [33] 江志红,屠其璞. 国外有关海气系统年代际变率的机制研究[J]. *地球科学进展*, 2001, 16(4): 569 - 573.
- [34] Latif M, Barnett T P. Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America[J]. *Science*, 1994, 266: 634 - 637.
- [35] Gu D, Philander S G H. Interdecadal climate fluctuations that depend on exchanges between the tropics and extratropics[J]. *Science*, 1997, 275: 805 - 807.
- [36] Xu W, Barnett T P, Latif M. Decadal variability in the North Pacific as simulated by a hybrid coupled model[J]. *J. Climate*, 1998, 11: 297 - 312.
- [37] 周连童,黄荣辉. 关于我国夏季气候年代际变化特征及其可能成因的研究[J]. *气候与环境研究*, 2003, 8(3): 274 - 290.
- [38] 王琼,张铭. 中国及周边地区气温年代际变化的研究[J]. *气候与环境研究*, 2003, 8(4): 451 - 456.
- [39] 魏凤英,曹鸿兴,王丽萍. 20世纪80-90年代我国气候增暖进程的统计事实[J]. *应用气象学报*, 2003, 14(3): 79 - 86.
- [40] 于淑秋,林学椿,徐祥德. 中国气温的年代际振荡及其未来趋势[J]. *气象科技*, 2003, 31(3): 136 - 140.
- [41] 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. *高原气象*, 1999, 18(4): 465 - 476.
- [42] 魏凤英,张先恭. 中国夏季降水趋势分布的客观预报方法[J]. *气候与环境研究*, 1998, 3(3): 218 - 226.
- [43] 朱益民,杨修群. 太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系[J]. *气象学报*, 2003, 61(6): 641 - 654.
- [44] 徐建军,王东晓. 印度洋-太平洋海温得年际年代际异常及其对亚洲季风的影响[J]. *海洋学报*, 2000, 22(3): 34 - 42.
- [45] 郭其蕴,蔡静宁,邵雪梅,等. 东亚夏季风的年代际变率对中国气候的影响[J]. *地理学报*, 2003, 58(4): 570 - 575.
- [46] 章淹. 近半个世纪江淮梅雨的重大变化[J]. *科技导报*, 1997,(9): 58 - 60.
- [47] 杨义文,徐群,杨秋明. 长江中下游116年梅雨(二)[J]. *暴雨·灾害*, 2001, (1): 54 - 61.
- [48] 魏凤英,张京江. 188~2000年长江中下游梅雨特征量的统计分析[J]. *应用气象学报*, 2004, 15(3): 313 - 320.
- [49] 魏凤英,谢宇. 近百年长江中下游梅雨的年际及年代际振荡[C] // 中国气象学会. 中国气象学会年会论文集. 北京:气象出版社, 2003. 112 - 115.
- [50] 毛天松. 北太平洋海温距平对6月长江中下游夏季风影响及其机制分析[J]. *热带气象*, 1988, 4(4): 327 - 335.
- [51] 李峰,何立富. 长江中下游地区夏季旱涝年际、年代际变化的可能成因研究[J]. *应用气象学报*, 2002, 13(6): 718 - 725.
- [52] 徐海明,何金海,董敏. 江淮入梅的年际变化及其与北大西洋涛动和海温异常的联系[J]. *气象学报*, 2001, 59(6): 694 - 705.
- [53] 胡波,钟元,潘小凡,等. 近40年浙江省梅雨的年际与年代际演变规律[J]. *科技通报*, 2001, 17(6): 57 - 59.
- [54] 何诗秀,傅秀琴. 梅雨和台风年际变化及其关系的研究[J]. *气象*, 1992, 18(3): 8 - 12.
- [55] 周丽,魏凤英. 近百年全球海温异常变化与长江中下游梅雨[J]. *高原气象*, 2006(待发表).
- [56] 魏凤英,宋巧云. 全球海表温度年代际尺度的空间分布结构及其对长江中下游梅雨的可能影响[J]. *气象学报*, 2005, 63(4): 477 - 484.

Progress in Interdecadal Climate Variation

Song Qiaoyun Wei Fengying

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: A review is made of the progress in interdecadal climate variation on the global scale, parts of China and Meiyu in the middle-lower reaches of the Changjiang River. The achievements are introduced especially in the climate researches undertaken by Chinese meteorologists. It is found: ① There exists not only clear interannual but also significant interdecadal climate variation in the global atmosphere and oceans. ② Influenced by the global climate change, multi-scale variations exist in climate of China; however, there is obvious difference between China and global interdecadal climate changes. ③ The variation of Meiyu in the middle and lower reaches of the Changjiang River is closely related to the interaction between ocean and atmosphere; moreover, the interdecadal variation of ocean is the important background of Meiyu variation. ④ There are still many problems needing to be solved; for instance, what are the formation and influence mechanisms and contributions of interdecadal global climate changes? Especially the variation of Meiyu in the middle-lower reaches of the Changjiang River.

Key words: interdecadal variation, global scale, climate change, Meiyu